

# BEST AVAILABLE COPY

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-141642

(P2000-141642A)

(43) 公開日 平成12年5月23日 (2000.5.23)

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード (参考)
B 4 1 J 2/045		B 4 1 J 3/04	1 0 3 A 2 C 0 5 7
2/055			

審査請求 有 請求項の数31 O L (全 19 頁)

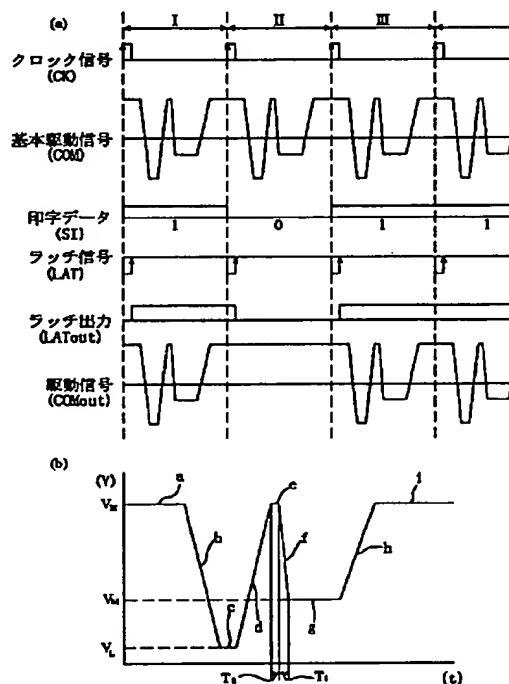
<p>(21) 出願番号 特願平11-90283</p> <p>(22) 出願日 平成11年3月30日 (1999.3.30)</p> <p>(31) 優先権主張番号 特願平10-91792</p> <p>(32) 優先日 平成10年4月3日 (1998.4.3)</p> <p>(33) 優先権主張国 日本 (J P)</p> <p>(31) 優先権主張番号 特願平10-251098</p> <p>(32) 優先日 平成10年9月4日 (1998.9.4)</p> <p>(33) 優先権主張国 日本 (J P)</p>	<p>(71) 出願人 000002369 セイコーエプソン株式会社 東京都新宿区西新宿2丁目4番1号</p> <p>(72) 発明者 張 俊華 長野県諏訪市大和3丁目3番5号 セイコーエプソン株式会社内</p> <p>(74) 代理人 100101236 弁理士 栗原 浩之</p> <p>Fターム (参考) 2C057 AF23 AF39 AM03 AM18 AR16 BA04 BA14 CA01</p>
--	---

(54) 【発明の名称】 インクジェット式記録ヘッドの駆動方法

(57) 【要約】

【課題】 インク滴の飛行速度を低下させることなく、インク滴を構成するインク量を可及的に少なくしてグラフィック印刷に適したドットを形成することができるインクジェット式記録ヘッドの駆動方法を提供する。

【解決手段】 ノズル開口13及びリザーバ11に連通する圧力発生室2に付設された圧電素子5を駆動することにより前記圧力発生室2を膨張又は収縮させて前記ノズル開口13からインク滴を吐出させるインクジェット式記録ヘッドの駆動方法において、前記圧力発生室2を収縮させて収縮状態として前記ノズル開口13からインクを吐出させる収縮工程 (f) と、吐出されたインクの後端部の前記ノズル開口13近傍での速度が略零になるまでに前記圧力発生室2を膨張させる膨張工程 (h) とを具備することにより、インク量の少ないインク滴が良好に吐出する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 ノズル開口及びリザーバに連通する圧力発生室に付設された圧電素子を駆動することにより前記圧力発生室を膨張又は収縮させて前記ノズル開口からインク滴を吐出させるインクジェット式記録ヘッドの駆動方法において、

前記圧力発生室を収縮させて収縮状態として前記ノズル開口からインクを吐出させる収縮工程と、吐出されたインクの後端部の前記ノズル開口近傍での速度が略零になるまでに前記圧力発生室を膨張させる膨張工程とを具備することを特徴とするインクジェット式記録ヘッドの駆動方法。

【請求項 2】 請求項 1 において、前記収縮工程の後、前記膨張工程での膨張の開始は、前記ノズル開口から吐出するインク滴の先端がメニスカスに形成され始めた時点以降であることを特徴とするインクジェット式記録ヘッドの駆動方法。

【請求項 3】 請求項 1 又は 2 において、前記膨張工程での膨張期間が、前記圧力発生室のヘルムホルツ振動周期  $T_c$  の  $1/4$  以下であることを特徴とするインクジェット式記録ヘッドの駆動方法。

【請求項 4】 ノズル開口及びリザーバに連通する圧力発生室に付設された圧電素子を駆動することにより前記圧力発生室を膨張又は収縮させて前記ノズル開口からインク滴を吐出させるインクジェット式記録ヘッドの駆動方法において、

前記圧力発生室を収縮させて収縮状態として前記ノズル開口からインクを吐出させる収縮工程と、吐出されるインク滴の体積を微少化可能なタイミングで、前記圧力発生室のヘルムホルツ振動周期  $T_c$  の  $1/4$  以下の期間で前記圧力発生室を膨張させる膨張工程とを具備することを特徴とするインクジェット式記録ヘッドの駆動方法。

【請求項 5】 請求項 1～4 の何れかにおいて、前記収縮工程の後、前記収縮状態を前記圧力発生室のヘルムホルツ振動周期  $T_c$  の  $1/3$  以下の期間保持する保持工程を具備することを特徴とするインクジェット式記録ヘッドの駆動方法。

【請求項 6】 ノズル開口及びリザーバに連通する圧力発生室に付設された圧電素子を駆動することにより前記圧力発生室を膨張又は収縮させて前記ノズル開口からインク滴を吐出させるインクジェット式記録ヘッドの駆動方法において、

前記圧力発生室を収縮させて収縮状態として前記ノズル開口からインクを吐出させる収縮工程と、この収縮状態を前記圧力発生室のヘルムホルツ振動周期  $T_c$  の  $1/3$  以下の期間保持する保持工程と、前記  $T_c$  の  $1/4$  以下の期間で前記圧力発生室を膨張させる膨張工程とを具備することを特徴とするインクジェット式記録ヘッドの駆動方法。

【請求項 7】 請求項 5 又は 6 において、前記保持工程

での前記収縮状態の保持期間が 3 マイクロ秒以下であることを特徴とするインクジェット式記録ヘッドの駆動方法。

【請求項 8】 請求項 5 又は 6 において、前記保持工程での前記収縮状態の保持期間が 1 マイクロ秒以下であることを特徴とするインクジェット式記録ヘッドの駆動方法。

【請求項 9】 請求項 1～8 の何れかにおいて、前記収縮工程の前に、前記圧力発生室を膨張させてインク吐出の準備を行う準備工程を具備することを特徴とするインクジェット式記録ヘッドの駆動方法。

【請求項 10】 請求項 1～9 の何れかにおいて、前記収縮工程の収縮速度より、前記膨張工程の膨張速度の方が大きいことを特徴とするインクジェット式記録ヘッドの駆動方法。

【請求項 11】 請求項 1～10 の何れかにおいて、前記収縮工程の収縮の変化量より、前記膨張工程の膨張の変化量の方が小さいことを特徴とするインクジェット式記録ヘッドの駆動方法。

【請求項 12】 ノズル開口及びリザーバに連通する圧力発生室に付設された圧電素子を駆動することにより前記圧力発生室を膨張又は収縮させて前記ノズル開口からインク滴を吐出させるインクジェット式記録ヘッドの駆動方法において、

前記圧力発生室を収縮させて収縮状態として前記ノズル開口からインクを吐出させる第 1 の収縮工程と、吐出されたインクの後端部の前記ノズル開口近傍での速度が略零になるまでに前記圧力発生室を膨張させる第 1 の膨張工程と、この後のメニスカスの後退を低減するように前記圧力発生室を収縮させる第 2 の収縮工程とを具備するインクジェット式記録ヘッドの駆動方法。

【請求項 13】 請求項 12 において、前記第 1 の収縮工程の後、前記第 1 の膨張工程での膨張の開始は、前記ノズル開口から吐出するインク滴の先端がメニスカスに形成され始めた時点以降であることを特徴とするインクジェット式記録ヘッドの駆動方法。

【請求項 14】 請求項 12 又は 13 において、前記第 1 の膨張工程での膨張期間が、前記圧力発生室のヘルムホルツ振動周期  $T_c$  の  $1/4$  以下であることを特徴とするインクジェット式記録ヘッドの駆動方法。

【請求項 15】 ノズル開口及びリザーバに連通する圧力発生室に付設された圧電素子を駆動することにより前記圧力発生室を膨張又は収縮させて前記ノズル開口からインク滴を吐出させるインクジェット式記録ヘッドの駆動方法において、

前記圧力発生室を収縮させて収縮状態として前記ノズル開口からインクを吐出させる第 1 の収縮工程と、吐出されるインク滴の体積を微少化可能なタイミングで、前記圧力発生室のヘルムホルツ振動周期  $T_c$  の  $1/4$  以下の期間で前記圧力発生室を膨張させる第 1 の膨張工程と、

この後のメニスカスの後退を低減するように前記圧力発生室を収縮させる第2の収縮工程とを具備することを特徴とするインクジェット式記録ヘッドの駆動方法。

【請求項16】 請求項12～15の何れかにおいて、前記第1の収縮工程の後、前記収縮状態を前記圧力発生室のヘルムホルツ振動周期 $T_c$ の $1/3$ 以下の期間保持する保持工程を具備することを特徴とするインクジェット式記録ヘッドの駆動方法。

【請求項17】 ノズル開口及びリザーバに連通する圧力発生室に付設された圧電素子を駆動することにより前記圧力発生室を膨張又は収縮させて前記ノズル開口からインク滴を吐出させるインクジェット式記録ヘッドの駆動方法において、前記圧力発生室を収縮させて収縮状態として前記ノズル開口からインクを吐出させる第1の収縮工程と、この収縮状態を前記圧力発生室のヘルムホルツ振動周期 $T_c$ の $1/3$ 以下の期間保持する保持工程と、前記 $T_c$ の $1/4$ 以下の期間で前記圧力発生室を膨張させる第1の膨張工程と、この後のメニスカスの後退を低減するように前記圧力発生室を収縮させる第2の収縮工程を具備することを特徴とするインクジェット式記録ヘッドの駆動方法。

【請求項18】 請求項12～17の何れかにおいて、前記第2の収縮工程後、さらに、インク吐出後の振動を抑えるように前記圧力発生室を膨張させる第2の膨張工程を具備することを特徴とするインクジェット式記録ヘッドの駆動方法。

【請求項19】 請求項12～18の何れかにおいて、前記第1の収縮工程の前に、前記圧力発生室を膨張させてインク吐出の準備を行う準備工程を具備することを特徴とするインクジェット式記録ヘッドの駆動方法。

【請求項20】 請求項12～19の何れかにおいて、前記第2の収縮工程の開始時点は、前記ノズル開口からインク滴の先端が吐出された後、メニスカスが後退し始める時点から最も深く後退する時点までの間であることを特徴とするインクジェット式記録ヘッドの駆動方法。

【請求項21】 請求項12～20の何れかにおいて、前記第1の収縮工程が開始されてから前記第2の収縮工程が開始されるまでの期間が、前記圧力発生室のヘルムホルツ振動周期 $T_c$ 以下であることを特徴とするインクジェット式記録ヘッドの駆動方法。

【請求項22】 請求項12～21の何れかにおいて、前記第1の収縮工程が開始されてから前記第2の収縮工程が開始されるまでの期間が、前記圧力発生室のヘルムホルツ振動周期 $T_c$ の $1/4$ から $3/4$ の間であることを特徴とするインクジェット式記録ヘッドの駆動方法。

【請求項23】 請求項12～22の何れかにおいて、前記第1の収縮工程での収縮期間及び前記第2の収縮工程での収縮期間が、それぞれ前記圧力発生室のヘルムホルツ振動周期 $T_c$ の $1/2$ 以下であることを特徴とする

インクジェット式記録ヘッドの駆動方法。

【請求項24】 請求項12～23の何れかにおいて、前記第2の収縮工程での収縮期間が、前記圧力発生室のヘルムホルツ振動周期 $T_c$ の $1/3$ 以下であることを特徴とするインクジェット式記録ヘッドの駆動方法。

【請求項25】 請求項13～24の何れかにおいて、前記第1の収縮工程が開始されてから前記第2の膨張工程が開始されるまでの期間が、前記圧力発生室のヘルムホルツ振動周期 $T_c$ 以下であることを特徴とするインクジェット式記録ヘッドの駆動方法。

【請求項26】 請求項13～25の何れかにおいて、前記第2の膨張工程での膨張期間が、前記圧力発生室のヘルムホルツ振動周期の $1/2$ 以下であることを特徴とするインクジェット式記録ヘッドの駆動方法。

【請求項27】 請求項13～26の何れかにおいて、前記第1の収縮工程での駆動信号の印加の開始から前記第2の膨張工程での駆動信号の印加の終了までの期間が、前記圧力発生室のヘルムホルツ振動周期 $T_c$ 以下であることを特徴とするインクジェット式記録ヘッドの駆動方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、インク滴を吐出するノズル開口と連通する圧力発生室の一部を振動板で構成し、この振動板の表面の圧電体層を形成して、圧電体層の変位によりインク滴を吐出させるインクジェット式記録ヘッドの駆動方法に関する。

【0002】

【従来の技術】インク滴を吐出するノズル開口と連通する圧力発生室の一部を振動板で構成し、この振動板を圧電素子により変形させて、圧力発生室のインクを加圧してノズル開口からインク滴を吐出させるインクジェット式記録ヘッドには、圧電素子が軸方向に伸長、収縮する縦振動モードの圧電アクチュエータを使用したものと、たわみ振動モードの圧電アクチュエータを使用したものの2種類が実用化されている。

【0003】前者は圧電素子の端面を振動板に当接させることにより圧力発生室の容積を変化させることができ、高密度印刷に適したヘッドの製作が可能である反面、圧電素子をノズル開口の配列ピッチに一致させて歯状に切り分けるという困難な工程や、切り分けられた圧電素子を圧力発生室に位置決めして固定する作業が必要となり、製造工程が複雑であるという問題がある。

【0004】これに対して後者は、圧電材料のグリーンシートを圧力発生室の形状に合わせて貼付し、これを焼成するという比較的簡単な工程で振動板に圧電素子を作り付けることができるという利点を有する。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、たわみモードの圧電アクチュエータは、縦振動モードの圧電ア

クチュエータと比較して大きな変位面積を必要として圧力発生室の容積が大きくなり、吐出するインク滴のインク量も多くなるため、グラフィック印刷等のように微小サイズのドット形成が困難であるという不都合を抱えている。

【0006】一方、このような問題を解消するために、たわみ変位型圧電アクチュエータの変位を小さくしてインク量を少なくすると、吐出圧が低いために速度が低下して記録媒体への着弾位置に誤差が生じ、特に、グラフィック印刷のように正確なドット印刷が求められる印刷においては印刷品質の低下が目立つという問題がある。

【0007】そこで、インク噴出後に圧力発生室を収縮せしめることによりインク滴をノズル開口から噴出せしめた後、再び、圧力発生室を膨張せしめることにより、インク滴の尾部を吸収して、二次的なインク滴を除去する駆動方法が提案されているが（特開昭63-71355号公報）、インク滴自体を微小化するものではない。

【0008】また、圧力発生室を膨張させた後、第1の変化速度で収縮させ、続いて第1の変化速度より大きい第2の変化速度で収縮させることにより、インク滴の先端と後尾の長さもしくは時間差を可及的に小さくして球状のドットを形成する方法も提案されている（特開平7-76087号公報）。

【0009】しかしながら、近年の高精細画質の印刷の要望から、さらにできるだけ小さいインク滴を吐出することが望まれる一方、高速印刷のために大きな体積のインク滴も吐出できることが望まれ、しかも、高速で安定した駆動が要望される。

【0010】本発明はこのような事情に鑑み、インク滴の飛行速度を低下させることなく、インク滴を構成するインク量を可及的に少なくしてグラフィック印刷に適したドットを形成することができるインクジェット式記録ヘッドの駆動方法を提供することを課題とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決する本発明の第1の態様は、ノズル開口及びリザーバに連通する圧力発生室に付設された圧電素子を駆動することにより前記圧力発生室を膨張又は収縮させて前記ノズル開口からインク滴を吐出させるインクジェット式記録ヘッドの駆動方法において、前記圧力発生室を収縮させて収縮状態として前記ノズル開口からインクを吐出させる収縮工程と、吐出されたインクの後端部の前記ノズル開口近傍での速度が略零になるまでに前記圧力発生室を膨張させる膨張工程とを具備することを特徴とするインクジェット式記録ヘッドの駆動方法にある。

【0012】かかる第1の態様では、収縮工程での圧力発生室の収縮により吐出され始めたインク滴が吐出され終わらないうちに、圧力発生室の膨張が開始され、それまでに吐出されかけたインク滴のみが吐出され、膨張を開始するタイミングでインク滴の体積を制御できる。

【0013】本発明の第2の態様は、第1の態様において、前記収縮工程の後、前記膨張工程での膨張の開始は、前記ノズル開口から吐出するインク滴の先端がメニスカスに形成され始めた時点以降であることを特徴とするインクジェット式記録ヘッドの駆動方法にある。

【0014】かかる第2の態様では、膨張工程で圧力発生室の膨張が開始した時点で、インク滴の先端の部分が吐出する。

【0015】本発明の第3の態様は、第1又は2の態様において、前記膨張工程での膨張期間が、前記圧力発生室のヘルムホルツ振動周期 $T_c$ の $1/4$ 以下であることを特徴とするインクジェット式記録ヘッドの駆動方法にある。

【0016】かかる第3の態様では、インク滴吐出後のメニスカスの引き込みを特に有効的に抑えることができる。

【0017】本発明の第4の態様は、ノズル開口及びリザーバに連通する圧力発生室に付設された圧電素子を駆動することにより前記圧力発生室を膨張又は収縮させて前記ノズル開口からインク滴を吐出させるインクジェット式記録ヘッドの駆動方法において、前記圧力発生室を収縮させて収縮状態として前記ノズル開口からインクを吐出させる収縮工程と、吐出されるインク滴の体積を微小化可能なタイミングで、前記圧力発生室のヘルムホルツ振動周期 $T_c$ の $1/4$ 以下の期間で前記圧力発生室を膨張させる膨張工程とを具備することを特徴とするインクジェット式記録ヘッドの駆動方法にある。

【0018】かかる第4の態様では、収縮工程での圧力発生室の収縮により吐出され始めたインク滴が吐出され終わらないうちに、所定期間だけ圧力発生室を膨張させることによりインク滴の体積を制御できる。

【0019】本発明の第5の態様は、第1～4の何れかの態様において、前記収縮工程の後、前記収縮状態を前記圧力発生室のヘルムホルツ振動周期 $T_c$ の $1/3$ 以下の期間保持する保持工程を具備することを特徴とするインクジェット式記録ヘッドの駆動方法にある。

【0020】かかる第5の態様では、収縮状態の保持期間を短くすることにより、インクの吐出を少なく制御することができる。

【0021】本発明の第6の態様は、ノズル開口及びリザーバに連通する圧力発生室に付設された圧電素子を駆動することにより前記圧力発生室を膨張又は収縮させて前記ノズル開口からインク滴を吐出させるインクジェット式記録ヘッドの駆動方法において、前記圧力発生室を収縮させて収縮状態として前記ノズル開口からインクを吐出させる収縮工程と、この収縮状態を前記圧力発生室のヘルムホルツ振動周期 $T_c$ の $1/3$ 以下の期間保持する保持工程と、前記 $T_c$ の $1/4$ 以下の期間で前記圧力発生室を膨張させる膨張工程とを具備することを特徴とするインクジェット式記録ヘッドの駆動方法にある。

【0022】かかる第6の態様では、収縮工程での圧力発生室の収縮により吐出され始めたインク滴が吐出され終わらないうちに、所定期間だけ圧力発生室を膨張させることによりインク滴の体積を制御できる。

【0023】本発明の第7の態様は、第5又は6の態様において、前記保持工程での前記収縮状態の保持期間が3マイクロ秒以下であることを特徴とするインクジェット式記録ヘッドの駆動方法にある。

【0024】かかる第7の態様では、駆動信号間の保持期間を短くすることにより、インク滴の体積を少なく制御することができる。

【0025】本発明の第8の態様は、第5又は6の態様において、前記保持工程での前記収縮状態の保持期間が1マイクロ秒以下であることを特徴とするインクジェット式記録ヘッドの駆動方法にある。

【0026】かかる第8の態様では、駆動信号間の保持期間を著しく短くすることにより、安定性を向上することができる、インク滴の体積を微小にすることができる。

【0027】本発明の第9の態様は、第1～8の何れかの態様において、前記収縮工程の前に、前記圧力発生室を膨張させてインク吐出の準備を行う準備工程を具備することを特徴とするインクジェット式記録ヘッドの駆動方法にある。

【0028】かかる第9の態様では、収縮工程の前に圧力発生室を膨張させることにより、ノズル開口のメニスカスを下げて吐出の準備を行い、インク滴を高速且つ大きな体積で吐出させることができる。

【0029】本発明の第10の態様は、第1～9の何れかの態様において、前記収縮工程の収縮速度より、前記膨張工程の膨張速度の方が大きいことを特徴とするインクジェット式記録ヘッドの駆動方法にある。

【0030】かかる第10の態様では、膨張工程の膨張速度を大きくすることにより、吐出が開始されたインク滴の先端部のみが吐出され、より小さい体積のインク滴が形成できる。

【0031】本発明の第11の態様は、第1～10の何れかの態様において、前記収縮工程の収縮の変化量より、前記膨張工程の膨張の変化量の方が小さいことを特徴とするインクジェット式記録ヘッドの駆動方法にある。

【0032】かかる第11の態様では、収縮工程の収縮の変化量より小さい変化量で膨張させることにより、吐出が開始されたインク滴の先端部のみが吐出できる。

【0033】本発明の第12の態様は、ノズル開口及びリザーバに連通する圧力発生室に付設された圧電素子を駆動することにより前記圧力発生室を膨張又は収縮させて前記ノズル開口からインク滴を吐出させるインクジェット式記録ヘッドの駆動方法において、前記圧力発生室を収縮させて収縮状態として前記ノズル開口からインクを吐出させる第1の収縮工程と、吐出されたインクの後

端部の前記ノズル開口近傍での速度が略等になるまでに前記圧力発生室を膨張させる第1の膨張工程と、この後のメニスカスの後退を低減するように前記圧力発生室を収縮させる第2の収縮工程とを具備するインクジェット式記録ヘッドの駆動方法にある。

【0034】かかる第12の態様では、小さい体積のインク滴を吐出できると共に、インク吐出後のメニスカスの振動を有効に抑えることができ、次のインク吐出に備えることができる。

【0035】本発明の第13の態様は、第12の態様において、前記第1の収縮工程の後、前記第1の膨張工程での膨張の開始は、前記ノズル開口から吐出するインク滴の先端がメニスカスに形成され始めた時点以降であることを特徴とするインクジェット式記録ヘッドの駆動方法にある。

【0036】かかる第13の態様では、第1の膨張工程で圧力発生室の膨張が開始した時点で、インク滴の先端の部分が吐出する。

【0037】本発明の第14の態様は、第12又は13の何れかの態様において、前記第1の膨張工程での膨張期間が、前記圧力発生室のヘルムホルツ振動周期 $T_c$ の $1/4$ 以下であることを特徴とするインクジェット式記録ヘッドの駆動方法にある。

【0038】かかる第14の態様では、インク吐出後のメニスカスの引き込みを特に有効に抑えることができる。

【0039】本発明の第15の態様は、ノズル開口及びリザーバに連通する圧力発生室に付設された圧電素子を駆動することにより前記圧力発生室を膨張又は収縮させて前記ノズル開口からインク滴を吐出させるインクジェット式記録ヘッドの駆動方法において、前記圧力発生室を収縮させて収縮状態として前記ノズル開口からインクを吐出させる第1の収縮工程と、吐出されるインク滴の体積を微少化可能なタイミングで、前記圧力発生室のヘルムホルツ振動周期 $T_c$ の $1/4$ 以下の期間で前記圧力発生室を膨張させる第1の膨張工程と、この後のメニスカスの後退を低減するように前記圧力発生室を収縮させる第2の収縮工程とを具備することを特徴とするインクジェット式記録ヘッドの駆動方法にある。

【0040】かかる第15の態様では、小さな体積のインク滴を効果的に吐出することができ、且つインク吐出後のメニスカスの引き込みを有効に抑えることができ、高速安定駆動が実現できる。

【0041】本発明の第16の態様は、第12～15の何れかの態様において、前記第1の収縮工程の後、前記収縮状態を前記圧力発生室のヘルムホルツ振動周期 $T_c$ の $1/3$ 以下の期間保持する保持工程を具備することを特徴とするインクジェット式記録ヘッドの駆動方法にある。

【0042】かかる第16の態様では、小さな体積のイ

ンク滴を効果的に吐出することができる。

【0043】本発明の第17の態様は、ノズル開口及びリザーバに連通する圧力発生室に付設された圧電素子を駆動することにより前記圧力発生室を膨張又は収縮させて前記ノズル開口からインク滴を吐出させるインクジェット式記録ヘッドの駆動方法において、前記圧力発生室を収縮させて収縮状態として前記ノズル開口からインクを吐出させる第1の収縮工程と、この収縮状態を前記圧力発生室のヘルムホルツ振動周期 $T_c$ の $1/3$ 以下の期間保持する保持工程と、前記 $T_c$ の $1/4$ 以下の期間で前記圧力発生室を膨張させる第1の膨張工程と、この後のメニスカスの後退を低減するように前記圧力発生室を収縮させる第2の収縮工程を具備することを特徴とするインクジェット式記録ヘッドの駆動方法にある。

【0044】かかる第17の態様では、小さな体積のインク滴を効果的に吐出することができ、且つインク吐出後のメニスカスの引き込みを有効に抑えることができ、高速安定駆動が実現できる。

【0045】本発明の第18の態様は、第12～17の何れかの態様において、前記第2の収縮工程後、さらに、インク吐出後の振動を抑えるように前記圧力発生室を膨張させる第2の膨張工程を具備することを特徴とするインクジェット式記録ヘッドの駆動方法にある。

【0046】かかる第18の態様では、インク吐出後のメニスカスの振動をさらに有効に抑えて次のインク吐出に備えることができる。

【0047】本発明の第19の態様は、第12～18の何れかの態様において、前記第1の収縮工程の前に、前記圧力発生室を膨張させてインク吐出の準備を行う準備工程を具備することを特徴とするインクジェット式記録ヘッドの駆動方法にある。

【0048】かかる第19の態様では、収縮工程の前に圧力発生室を膨張させることにより、ノズル開口のメニスカスを下げて吐出の準備を行い、インク滴を高速且つ大きく吐出させることができる。

【0049】本発明の第20の態様は、第12～19の何れかの態様において、前記第2の収縮工程の開始時点は、前記ノズル開口からインク滴の先端が吐出された後、メニスカスが後退し始める時点から最も深く後退する時点までの間であることを特徴とするインクジェット式記録ヘッドの駆動方法にある。

【0050】かかる第20の態様では、インク吐出後のメニスカスの引き込みを有効に抑えることができ、高速安定駆動が実現できる。

【0051】本発明の第21の態様は、第12～20の何れかの態様において、前記第1の収縮工程が開始されてから前記第2の収縮工程が開始されるまでの期間が、前記圧力発生室のヘルムホルツ振動周期 $T_c$ 以下であることを特徴とするインクジェット式記録ヘッドの駆動方法にある。

【0052】かかる第21の態様では、インク吐出後のメニスカスの引き込みを有効に抑えることができ、高速安定駆動が実現できる。

【0053】本発明の第22の態様は、第12～21の何れかの態様において、前記第1の収縮工程が開始されてから前記第2の収縮工程が開始されるまでの期間が、前記圧力発生室のヘルムホルツ振動周期 $T_c$ の $1/4$ から $3/4$ の間であることを特徴とするインクジェット式記録ヘッドの駆動方法にある。

10 【0054】かかる第22の態様では、インク吐出後のメニスカスの引き込みを特に有効に抑えることができ、高速安定駆動が実現できる。

【0055】本発明の第23の態様は、第12～22の何れかの態様において、前記第1の収縮工程での収縮期間及び前記第2の収縮工程での収縮期間が、それぞれ前記圧力発生室のヘルムホルツ振動周期 $T_c$ の $1/2$ 以下であることを特徴とするインクジェット式記録ヘッドの駆動方法にある。

20 【0056】かかる第23の態様では、インク吐出後のメニスカスの引き込みを有効に抑えることができ、高速安定駆動が実現できる。

【0057】本発明の第24の態様は、第12～23の何れかの態様において、前記第2の収縮工程での収縮期間が、前記圧力発生室のヘルムホルツ振動周期 $T_c$ の $1/3$ 以下であることを特徴とするインクジェット式記録ヘッドの駆動方法にある。

【0058】かかる第24の態様では、インク吐出後のメニスカスの引き込みを特に有効に抑えることができ、高速安定駆動が実現できる。

30 【0059】本発明の第25の態様は、第13～24の何れかの態様において、前記第1の収縮工程が開始されてから前記第2の膨張工程が開始されるまでの期間が、前記圧力発生室のヘルムホルツ振動周期 $T_c$ 以下であることを特徴とするインクジェット式記録ヘッドの駆動方法にある。

【0060】かかる第25の態様では、小さな体積のインク滴を効果的に吐出することができる。

40 【0061】本発明の第26の態様は、第13～25の何れかの態様において、前記第2の膨張工程での膨張期間が、前記圧力発生室のヘルムホルツ振動周期の $1/2$ 以下であることを特徴とするインクジェット式記録ヘッドの駆動方法にある。

【0062】かかる第26の態様では、小さな体積のインク滴をより効果的に吐出することができる。

50 【0063】本発明の第27の態様は、第13～26の何れかの態様において、前記第1の収縮工程での駆動信号の印加の開始から前記第2の膨張工程での駆動信号の印加の終了までの期間が、前記圧力発生室のヘルムホルツ振動周期 $T_c$ 以下であることを特徴とするインクジェット式記録ヘッドの駆動方法にある。

【0064】かかる第27の態様では、小さな体積のインク滴を効果的に吐出することができる。

【0065】

【発明の実施の形態】以下に本発明を実施形態に基づいて詳細に説明する。

【0066】（実施形態1）図1には、本実施形態のインクジェット式記録装置の概略構成を示す。図1に示すように、インクジェット式記録装置は、プリンタコントローラ101とプリントエンジン102とから概略構成してある。

【0067】プリンタコントローラ101は、外部インターフェース103（以下、外部I/F103という）と、各種データを一時的に記憶するRAM104と、制御プログラム等を記憶したROM105と、CPU等を含んで構成した制御部106と、クロック信号を発生する発振回路107と、インクジェット式記録ヘッド108へ供給するための駆動信号を発生する駆動信号発生回路109と、駆動信号や印刷データに基づいて展開されたドットパターンデータ（ビットマップデータ）等をプリントエンジン102に送信する内部インターフェース110（以下、内部I/F110という）とを備えている。

【0068】外部I/F103は、例えば、キャラクタコード、グラフィック関数、イメージデータ等によって構成される印刷データを、図示しないホストコンピュータ等から受信する。また、この外部I/F103を通じてビジー信号（BUSY）やアクノレッジ信号（ACK）が、ホストコンピュータ等に対して出力される。

【0069】RAM104は、受信バッファ111、中間バッファ112、出力バッファ113、及び、図示しないワークメモリとして機能する。そして、受信バッファ111は外部I/F103によって受信された印刷データを一時的に記憶し、中間バッファ112は制御部106が変換した中間コードデータを記憶し、出力バッファ113はドットパターンデータを記憶する。なお、このドットパターンデータは、階調データをデコード（翻訳）することにより得られる印字データによって構成してある。なお、後述するように、本実施形態における印字データは4ビットの信号により構成してある。

【0070】また、ROM105には、各種データ処理を行わせるための制御プログラム（制御ルーチン）の他に、フォントデータ、グラフィック関数等を記憶させてある。

【0071】制御部106は、受信バッファ111内の印刷データを読み出すと共に、この印刷データを変換して得た中間コードデータを中間バッファ112に記憶させる。また、中間バッファ112から読み出した中間コードデータを解析し、ROM105に記憶させているフォントデータ及びグラフィック関数等を参照して、中間コードデータをドットパターンデータに展開する。そし

て、制御部106は、必要な装飾処理を施した後に、この展開したドットパターンデータを出力バッファ113に記憶させる。

【0072】そして、インクジェット式記録ヘッド108の1行分に相当するドットパターンデータが得られたならば、この1行分のドットパターンデータは、内部I/F110を通じてインクジェット式記録ヘッド108に出力される。また、出力バッファ113から1行分のドットパターンデータが出力されると、展開済みの中間コードデータは中間バッファ112から消去され、次の中間コードデータについての展開処理が行われる。

【0073】プリントエンジン102は、インクジェット式記録ヘッド108と、紙送り機構114と、キャリッジ機構115とを含んで構成してある。

【0074】紙送り機構114は、紙送りモータと紙送りローラ等から構成してあり、記録紙等の印刷記憶媒体をインクジェット式記録ヘッド108の記録動作に連動させて順次送り出す。即ち、この紙送り機構114は、印刷記憶媒体を副走査方向に相対移動させる。

【0075】キャリッジ機構115は、インクジェット式記録ヘッド108を搭載可能なキャリッジと、このキャリッジを主走査方向に沿って走行させるキャリッジ駆動部とから構成してあり、キャリッジを走行させることによりインクジェット式記録ヘッド108を主走査方向に移動させる。なお、キャリッジ駆動部は、タイミングベルトを用いたもの等、キャリッジを走行させ得る機構であれば任意の構成を採り得る。

【0076】インクジェット式記録ヘッド108は、副走査方向に沿って多数のノズル開口を有し、ドットパターンデータ等によって規定されるタイミングで各ノズル開口からインク滴を吐出する。

【0077】以下、かかるインクジェット式記録ヘッド108について詳細に説明する。まず、要部断面を示す図3を参照して、インクジェット式記録ヘッド108の機械的構成について説明する。

【0078】図示するように、圧力発生室を形成する基板となるスペーサ1は、例えば、150 $\mu$ m程度の厚みを有するジルコニア（ZrO<sub>2</sub>）などのセラミックス板で、圧力発生室2となる貫通孔を形成して構成される。

【0079】スペーサ1の一方面は、例えば、厚さ10 $\mu$ mのジルコニアの薄板からなる弾性板3により封止され、弾性板3の表面には下電極4が形成されている。また、下電極4の上には、圧力発生室2毎に独立して圧電体層5が固定されている。この圧電体層5は、圧電材料からなるグリーンシートを貼付したり、圧電材料をスパッタリングする等の方法により形成される。さらに、各圧電体層5の表面には、それぞれ上電極6が形成されている。従って、下電極4と、各圧力発生室2毎に設けられた圧電体層5の上の上電極6との間に、印刷データに基づいて電圧を印加することにより、各圧電体層5は弾性



板 3 と共にたわみ変形する。

【0080】スペーサ 1 の他方面は、厚さ 150  $\mu$ m のジルコニアの薄板からなるインク供給口形成基板 7 により封止されている。インク供給口形成基板 7 は、ノズルプレート 1 のノズル開口と圧力発生室 2 とを接続するノズル連通孔 8 と、後述するリザーバ 11 と圧力発生室 2 とを接続するインク供給口 9 を穿設して構成されている。

【0081】一方、リザーバ形成基板 10 は、インク流路を構成するに適した、例えば、150  $\mu$ m のステンレス鋼などの耐食性を備えた板材に、外部のインクタンクからインクの供給を受けて圧力発生室 2 にインクを供給するリザーバ 11 と、圧力発生室 2 と後述するノズル開口 13 とを連通するノズル連通孔 12 とを有する。リザーバ形成基板 10 のスペーサ 1 の反対側は、圧力発生室 2 と同一の配列ピッチでノズル開口 13 が形成されたノズルプレート 14 により封止されている。

【0082】ここで、上述したセラミックス製の各部材は積層された後焼結されて一体的に形成されており、リザーバ形成基板 10 及びノズルプレート 14 は、接着剤層 15 及び 16 を介して固着されている。なお、リザーバ形成基板 10 及びノズルプレート 14 もセラミックスとして一体的に形成することもできる。

【0083】このように形成されたインクジェット式記録ヘッド 108 は、各圧力発生室 12 に対向したたわみ振動モードの圧電素子 18 を有する。また、この圧電素子 18 には、図示しないフレキシブルケーブルを介して電気信号、例えば、後述する駆動信号 (COM) や印字データ (SI) 等を供給する。

【0084】そして、このような構成を有するインクジェット式記録ヘッド 108 では、充電されることにより圧電素子 18 は下に凸にたわみ変形して圧力発生室 2 が収縮する。この収縮に伴って圧力発生室 2 におけるインク圧力が高くなる。一方、放電することにより圧電素子 18 のたわみ変形が引き戻され、収縮した圧力発生室 2 が膨張する。この膨張に伴ってリザーバ 11 のインクがインク供給口 9 を通って圧力発生室 31 内に流入する。このように、圧電素子 18 を充放電させることにより圧力発生室 2 の容積が変化するので、各圧電素子 18 に対して充放電を制御することにより、所望のノズル開口 13 から所望の大きさのインク滴を吐出させることができる。

【0085】次に、このインクジェット式記録ヘッド 108 の電気的構成について説明する。

【0086】このインクジェット式記録ヘッド 108 は、図 1 に示すように、シフトレジスタ 141、ラッチ回路 142、レベルシフタ 143、スイッチ 144 及び圧電素子 18 等を備えている。さらに、図 2 に示すように、これらのシフトレジスタ 141、ラッチ回路 142、レベルシフタ 143、スイッチ 144 及び圧電素子 18 は、それぞれ、インクジェット式記録ヘッド 108

の各ノズル開口 13 毎に設けたシフトレジスタ素子 141A~141N、ラッチ素子 142A~142N、レベルシフタ素子 143A~143N、スイッチ素子 144A~144N、圧電素子 18A~18N から構成してあり、シフトレジスタ 141、ラッチ回路 142、レベルシフタ 143、スイッチ 144、圧電素子 18 の順で電気的に接続してある。

【0087】なお、これらのシフトレジスタ 141、ラッチ回路 142、レベルシフタ 143 及びスイッチ 144 は、駆動信号発生回路 109 が発生した駆動信号から駆動パルスを生成する。ここで、駆動パルスとは実際に圧電素子 18 に印加される印加パルスのことであり、そして、駆動信号とは駆動パルスを生成するために必要な元波形により構成される一連のパルス信号 (元駆動パルス) のことである。また、スイッチ 144 はスイッチ手段としても機能する。

【0088】このような電気的構成を有するプリントヘッド 108 では、図 4 (a) に示すように、発振回路 107 からのクロック信号 (CK) に同期して、ドットパターンデータを構成する印字データ (SI) が出力バッファ 113 からシフトレジスタ 141 へシリアル伝送され、順次セットされる。この場合、まず、全ノズル開口 13 の印字データにおける最上位ビットのデータがシリアル伝送され、この最上位ビットのデータシリアル伝送が終了したならば、上位から 2 番目のビットのデータがシリアル伝送される。以下同様に、下位ビットのデータが順次シリアル伝送される。

【0089】そして、当該ビットの印字データが全ノズル分シフトレジスタ素子 141A~141N にセットされたならば、制御部 106 は、所定のタイミングでラッチ回路 142 へラッチ信号 (LAT) を出力させる。このラッチ信号により、ラッチ回路 142 は、シフトレジスタ 141 にセットされた印字データをラッチする。このラッチ回路 142 がラッチした印字データ (LATout) は、電圧増幅器であるレベルシフタ 143 に印加される。このレベルシフタ 143 は、印字データが例えば「1」の場合に、スイッチ 144 が駆動可能な電圧値、例えば、数十ボルトまでこの印字データを昇圧する。そして、この昇圧された印字データはスイッチ素子 144A~144N に印加され、スイッチ素子 144A~144N は、当該印字データにより接続状態になる。

【0090】そして、各スイッチ素子 144A~144N には、駆動信号発生回路 109 が発生した基本駆動信号 (COM) も印加されており、スイッチ素子 144A~144N が接続状態になると、このスイッチ素子 144A~144N に接続された圧電素子 18A~18N に駆動信号が印加される。

【0091】このように、例示したインクジェット式記録ヘッド 108 では、印字データによって圧電素子 18 に駆動信号を印加するか否かを制御することができる。



例えば、印字データが「1」の期間においてはラッチ信号 (LAT) によりスイッチ 144 が接続状態となるので、駆動信号 (COMout) を圧電素子 18 に供給することができ、この供給された駆動信号 (COMout) により圧電素子 18 が変位 (変形) する。また、印字データが「0」の期間においてはスイッチ 144 が非接続状態となるので、圧電素子 18 への駆動信号 (COMout) の供給は遮断される。なお、この印字データが「0」の期間において、各圧電素子 18 は直前の電荷を保持するので、直前の変位状態が維持される。

【0092】図 4 (b) に詳細を示す駆動信号 (COMout) の波形の一例は、より少ない体積のインク滴を吐出させるのに適した駆動波形である。図 4 に示すように、この駆動信号は、圧力発生室 2 が最も収縮した状態を保持する第 1 のホールド工程 a を有し、下電極 4 と上電極 6 との間の電圧を最高電圧  $V_H$ 、例えば、30V 程度に維持して電界を印加する。次いで、ノズル開口 13 のメニスカスを圧力発生室 2 側に最大限引き込む準備の膨張工程 b を有し、この工程では、両電極間に印加していた電圧を最低電圧  $V_L$  まで下げている。続いて、この状態を保持してインク滴の吐出のタイミングを図る第 2 のホールド工程 c と、インク滴を吐出させるために再び電圧を最高電圧  $V_H$  まで印加して圧力発生室 2 を収縮させる第 1 の収縮工程 d とを有する。

【0093】そして、この収縮工程 d の直後に第 3 のホールド工程 e を略等として、第 1 の膨張工程 f を有する。この第 1 の膨張工程 f は、第 1 の収縮工程 d でメニスカスの中央領域がもりあがり、インク滴先端の形状が形成され始める時点で行われる。これにより、第 1 の収縮工程 d によってメニスカスの外縁部 201b は、第 1 の膨張工程 f に引き込まれ、中心部 201a だけが第 1 の膨張工程 f に引き込まれることなくインク滴として吐出することになり、結果的に、径がノズル径よりも小さいインク滴を、時間の経過に伴って図 5 (a1) ~ (a3) に示すように、吐出させることができる。

【0094】この現象は急峻な第 1 の膨張工程 f でメニスカスの高次の振動を起こしてみられる現象である。つまり、これは中心部 201a の速度をあまり変えることなく、外縁部 201b の速度をインク滴吐出方向とは反対の方向へ大きく変える振動モードであり、3 次振動モードと呼ばれる。

【0095】ここで、第 1 の膨張工程 f を実行する駆動信号の印加のタイミングは、第 3 のホールド工程 e の時間で決定されるが、第 1 の収縮工程 d で、インク滴の吐出準備、すなわち、図 5 (a1) に示すように、ノズル開口 13 から突出しようとするインク滴 202 がメニスカスに形成し始め、その先端が現れてから、図 5 (b) のように、インク滴 202 がメニスカスから長く延びている段階で、ノズル表面近傍 202a の吐出速度の平均が略等になるまでの間に印加すれば、インク滴を小さく

する効果が得られる。

【0096】また、このように小さな体積のインク滴を吐出するための条件は、吐出されるインク滴の体積を微小化可能なタイミングで第 1 の膨張工程 f を実行し、この第 1 の膨張工程 f での膨張期間  $T_1$  をヘルムホルツ振動周期  $T_c$  の  $1/4$  以下とすることが好ましい。

【0097】ここで、第 3 のホールド工程 e の期間  $T_2$  は、ヘルムホルツ振動周期  $T_c$  の  $1/2$  以下とすることが望ましい。具体的には、第 3 のホールド工程 e の時間を 3 マイクロ秒以下、さらに好適には 1 マイクロ秒以下、すなわち、略等とする。これより安定して微小ドットを吐出することができる。

【0098】また、このように小さな体積のインク滴を吐出するための条件は、第 1 の収縮工程 d の収縮速度及び変化量と、第 1 の膨張工程 f の膨張速度及び変化量とに関係する。第 1 の収縮工程 d の速度より第 1 の膨張工程 f の速度の方が大きい方が好ましい。第 1 の膨張工程 f の変化量は、第 1 の収縮工程 d の変化量と同等又は小さくすればよい。

【0099】また、第 1 の膨張工程 f の後は、第 4 のホールド工程 g と、第 1 の収縮工程 d より小さい変化量、すなわち、中間電圧  $V_M$  から最高電圧  $V_H$  まで変化させる第 2 の収縮工程 h とを有する。これにより、インク滴吐出後のメニスカスの大きな振動の減衰を調整している。なお、このようにメニスカスの振動を抑える収縮工程は、図 6 に示すように、二段階の収縮、すなわち、第 4 のホールド工程 g の後、ホールド工程 i を介して第 2 の収縮工程 h 及び第 3 の収縮工程 m を実行するようにしてもよい。勿論、このような振動を抑える工程は必ずしも設ける必要はない。

【0100】以上の駆動信号によると、非常に小さな体積のインク滴が吐出でき、その体積は、第 1 の膨張工程 f を実行するタイミング及びその変化量等で決定される。

【0101】また、このような駆動方法は、駆動信号の波形の種類を制限するものではなく、図示した台形波形の他、矩形の波形などでもよい。また、図 4 (b) に示したのは、本発明の第 1 の膨張工程 f がない状態であっても比較的小さなインク滴を吐出することができる波形に採用したものであるが、勿論、このような駆動信号の種類にも限定されない。

【0102】(実施形態 2) 図 7 は、実施形態 2 にかかる駆動信号の波形である。

【0103】実施形態 2 の駆動信号の波形は、実施形態 1 の駆動信号の波形 (図 4 (b)) と比較して大きな体積のインク滴を吐出するための駆動信号であり、図 7 は、第 1 のホールド工程 a1 での圧力発生室 2 の収縮した状態が図 4 (b) の場合と比較して小さいものである。従って、準備の膨張工程 b1 でのノズル開口 13 のメニスカスの引き込み量が図 4 (b) の場合と比較して

小さく、第1の収縮工程dで吐出されるインク滴の体積が図4(b)の場合と比較してやや大きい。また、図8は、図4(b)の第1のホールド工程a及び準備の膨張工程bを省略して、さらに大きなインク滴を吐出するものである。

【0104】しかしながら、何れも、第1の収縮工程dの後、第3のホールド工程eを介して第1の膨張工程fを有するものであり、これにより、これを実行しない状態よりは小さな体積のインク滴を高速で吐出することができる。

【0105】(実施形態3) 図9は、実施形態3にかかる駆動信号の波形である。

【0106】図9に示すように、実施形態3の駆動信号の波形の一例は、実施形態1と同様、より少ないインク滴を吐出させるのに適した駆動波形であり、第1のホールド工程aの前に、さらに、準備のホールド工程a0と準備の収縮工程d0とを有する。詳しく説明すると、本実施形態の駆動信号は、下電極4と上電極6との間の電圧を、印字状態に入る前に0Vから第2中間電圧 $V_{M2}$ 、例えば、15V程度にゆっくり立ち上げて維持して電界を印加して、圧力発生室2が最も収縮した状態と最も膨張した状態の略中間を保持する準備のホールド工程a0を有する。なお、この駆動信号は、この第2中間電圧 $V_{M2}$ から始まり、後述するように印字中、必要に応じて所定の電圧を印加し、印字終了後に第2中間電圧 $V_{M2}$ から0Vに電圧を下げる。

【0107】次に、駆動波形は、両電極間の電圧を最高電圧 $V_H$ 、例えば、30V程度に上げる準備の収縮工程d0を経て、圧力発生室2が最も収縮した状態を保持する第1のホールド工程aを有する。

【0108】次いで、駆動波形は、両電極間の電圧を最低電圧 $V_L$ に下げて、ノズル開口13のメニスカスを圧力発生室2側に最大限引き込むインク吐出の準備の膨張工程bを有する。続いて、この状態を保持してインク滴の吐出のタイミングを図る第2のホールド工程cと、両電極間の電圧を第1中間電圧 $V_{M1}$ 、例えば25V程度に上げて、圧力発生室2を収縮させ、インク滴を吐出させる第1の収縮工程d1とを有する。ここで、第1中間電圧 $V_{M1}$ は、第2中間電圧 $V_{M2}$ と最高電圧 $V_H$ の間の電圧である。

【0109】そして、駆動波形は、その後、実施形態1と同様に、この第1の収縮工程d1の直後に第3のホールド工程eを略零として、第1の膨張工程fを有する。これにより、第1の収縮工程d1によってメニスカスの外縁部201b(図5参照)は、第2の膨張工程hにより引き込まれ、中心部201aだけが第2の膨張工程hに引き込まれることなくインク滴として吐出することになり、結果的に、径がノズル径よりも小さいインク滴を吐出させることができる。

【0110】また、このように小さな体積のインク滴を

吐出するための条件は、実施形態1で説明した通りである。なお、第1の膨張工程fの変化量は、第1の収縮工程d1の変化量と同等又は小さくすればよいので、本実施形態では、第1の膨張工程fで、両電極間の電圧を第2中間電圧 $V_{M2}$ と最低電圧 $V_L$ の間の第3中間電圧 $V_{M3}$ 、例えば5V程度に下げて、圧力発生室2を膨張させるようにした。

【0111】さらに、本実施形態の駆動波形は、第1の膨張工程fの後に、第4のホールド工程gを略零とし

10 て、第1の収縮工程d1より変化量の小さい第2の収縮工程hを有する。本実施形態では、これにより、インク滴吐出後のメニスカスの大きな引き込みを防止し、これに続く振動を減衰している。第2の収縮工程hの収縮期間 $T_3$ は、圧力発生室2のヘルムホルツ振動周期 $T_c$ の $1/3$ 以下で行うと効果大きい。また、第1の収縮工程d1が開始されてから第2の収縮工程hが開始されるまでの期間は、前記圧力発生室のヘルムホルツ振動周期 $T_c$ 以下であるのが好ましく、さらに好ましくは $1/4$ から $3/4$ の間である。

20 【0112】第2の収縮工程hの後は、第5のホールド工程iと、第2の膨張工程jを有し、さらにインク滴吐出後のメニスカスの大きな振動を減衰している。第2の膨張工程jの膨張期間 $T_4$ は、圧力発生室2のヘルムホルツ振動周期 $T_c$ の $1/2$ 以下とするのが好ましい。また、第1の収縮工程d1が開始された後、第2の膨張工程jが開始されるまでの期間は、前記圧力発生室のヘルムホルツ振動周期 $T_c$ 以下であるのが好ましい。

30 【0113】以上説明した駆動波形によっても、実施形態1と同様に、非常に小さな体積のインク滴が吐出できる。また、インク滴吐出後のメニスカスの大きな引き込みを防止し、これに続く振動を減衰することができる。

【0114】(実施形態4) 図10は、実施形態4に係る駆動信号の波形である。この場合は、実施形態3と比較して大きな体積のインク滴を吐出することができる。

40 【0115】この駆動信号は、準備のホールド工程a0の後の準備の収縮工程d0と第1のホールド工程aを省略して、ノズル開口13のメニスカスを圧力発生室2側に引き込むインク吐出の準備の膨張工程b1を実行する。準備の膨張工程b1の引き込み量は実施形態3の場合よりも小さくなり、第2のホールド工程c1の後、第1の収縮工程d2によってインク滴が吐出される。以後の工程は実施形態3と同様であり、第1の膨張工程fの後に、保持期間が略零の第4のホールド工程g及び第1の収縮工程d2より変化量の小さい第2の収縮工程hを有する。

【0116】この実施形態でも、比較的小さな体積のインク滴を高速で吐出できると共に、インク吐出後の大きなメニスカスの振動を防止することができることにはかわりはない。

50 【0117】(実施形態5) 図11は、実施形態5に係る

る駆動信号の波形である。

【0118】この駆動波形は、第4のホールド工程gまでは実施形態3と同様であるが、第2の収縮工程h1の後の第5のホールド工程iと第2の膨張工程jを省略したものである。

【0119】この実施形態では、比較的小さな体積のインク滴を高速で吐出することができると共に、インク吐出後のメニスカスの引き込みを抑えることができる。なお、本実施形態は、実施形態3に比べ駆動波形のカーブが少なく、始点から終点までの時間も短い、インク粘度が高い場合には、この波形で振動抑えも十分である。

【0120】（実施形態6）図12は、実施形態6に係る駆動信号の波形である。

【0121】この駆動波形は、実施形態3における準備の収縮工程d0、第1のホールド工程a、第2の収縮工程h2の後の第5のホールド工程i及び、第2の膨張工程jを省略し、さらに第3のホールド工程e1における電圧を小さくすることにより、第1の収縮工程d2での圧力発生室2の収縮量を実施形態3よりも小さくしたものである。

【0122】この実施形態では、圧電素子の両電極間に印加する最大電圧が、前述の第2中間電圧 $V_{M2}$ に設定されているため、両電極間に印加する電圧を、前述の最高電圧 $V_H$ まで上げる必要がなくなるという利点を有する。

【0123】（実施形態7）図13は、実施形態7に係る駆動信号の波形である。

【0124】この駆動波形は、実施形態3における準備の収縮工程d0と第1のホールド工程aを省略し、さらに第1の収縮工程d3の後の第3のホールド工程e2における電圧を小さくすることにより、第1の膨張工程f2での圧力発生室2の膨張量を実施形態3よりも小さくしたものである。

【0125】この実施形態では、第2の収縮工程h3の後の第5のホールド工程iの保持電圧が、第1の収縮工程d3の後の第3のホールド工程e2での保持電圧より大きいため、より強い振動抑制効果が得られる。

【0126】（実施形態8）図14は、実施形態8に係る駆動信号の波形である。

【0127】この駆動波形は、実施形態3における準備の収縮工程d0、第1のホールド工程a、準備の膨張工程b、第2のホールド工程cを省略し、さらに第4のホールド工程g1において両電極間に印加する電圧を第2中間電圧 $V_{M2}$ より大きい第4中間電圧 $V_{M4}$ と大きくすることにより、第1の膨張工程f3での圧力発生室2の膨張量を実施形態3よりも小さくしたものである。

【0128】また、第2の収縮工程h4の後の第5のホールド工程iの保持電圧を第4中間電圧 $V_{M4}$ より大きい、第1中間電圧 $V_{M1}$ より小さい第5中間電圧 $V_{M5}$ としたものである。

【0129】この実施形態では、最低電圧が上述した第2中間電圧 $V_{M2}$ に設定されているため、吐出されるインク滴は、上述の実施形態よりも大きくなるが、サテライトインク滴が小さいという利点を有する。

【0130】（他の実施形態）以上、本発明の各実施形態を説明したが、本発明の駆動方法を実現できるインクジェット式記録ヘッドの構成は、特に限定されるものではない。例えば、セラミック基板の代わりに、シリコン基板に薄膜プロセスで圧電アクチュエータを形成すると共に異方性エッチングにより圧力発生室を形成したインクジェット式記録ヘッドにも適用できるし、また、ノズル開口の位置、リザーバの位置などのインク供給の構造なども特に限定されない。また、たわみ変形型圧電アクチュエータによるインクジェット式記録ヘッドに限定されず、縦変位型インクジェット式記録ヘッドの駆動にも適用できる。

【0131】図15には、縦振動型圧電アクチュエータを有するインクジェット式記録ヘッドの一例を示す。図示するように、スペーサ21には、圧力発生室22が形成され、スペーサ21の両側は、ノズル開口23を有するノズルプレート24と、弾性板25とにより封止されている。また、スペーサ21には、圧力発生室22にインク供給口26を介して連通するリザーバ27が形成されており、リザーバ27には、図示しないインクタンクが接続される。

【0132】一方、弾性板25の圧力発生室22とは反対側には、圧電素子28の先端が当接している。圧電素子28は、圧電材料29と、電極形成材料30及び31とを交互にサンドイッチ状に挟んで積層構造になるように構成され、振動に寄与しない不活性領域が固定基板32に固着されている。なお、固定基板32と、弾性板25、スペーサ21及びノズルプレート24とは、基台33を介して一体的に固定されている。

【0133】このように構成されたインクジェット式記録ヘッドは、圧電素子28の電極形成材料30及び31に電圧が印加されると、圧電素子28がノズルプレート24側に伸張するから、弾性板25が変位し、圧力発生室22の容積が圧縮される。従って、例えば、予め電圧を除去した状態から電圧を30V程度印加し、圧電素子28を収縮させてインクをリザーバ27からインク供給口26を介して圧力発生室22に流れ込ませることができる。また、その後、電圧を印加することにより、圧電素子28を伸張させて弾性板25により圧力発生室22を収縮させ、ノズル開口23からインク滴を吐出させることができる。

【0134】よって、かかるインクジェット式記録ヘッドを駆動する場合でも、上述した駆動方法を用いることにより、速度を低下させることなく、比較的小さな体積のインク滴を吐出することができる。

【0135】また、以上説明したインクジェット式記録

ヘッドでは、電圧を印加することにより、圧力発生室を収縮させるものを例示したが、電圧を印加することにより、圧力発生室を膨張させるインクジェット式記録ヘッドの駆動方法にも本発明の駆動方法を適用することができる。

【0136】このような構造のインクジェット式記録ヘッドの一例を図16に示す。図16のインクジェット式記録ヘッドは、図15の圧電素子28の代わりに圧電素子28Aを有する以外は同様な構造を有する。圧電素子28Aは、圧電体材料29Aの中に電極形成材料30A及び31Aを交互に縦に配置して積層したものである。従って、両電極型性材料30A及び31Aに電圧を印加すると圧電素子28Aが収縮して圧力発生室22が膨張し、この状態から電圧の印加を解除すると圧力発生室22が収縮し、ノズル開口23からインク滴を吐出させることができる。上述した駆動方法の収縮及び膨張の際の電圧の印加及び解除を逆行を行うことにより、同様な駆動方法を実施できる。

【0137】図17～図25には、かかるインクジェット式記録ヘッドでの駆動信号の例を示す。図17～図25の各駆動信号は、図4(b)及び図7～図14の各駆動信号に対応し、同様の作用を有する工程には同じ符号を付して説明は省略する。この場合に異なるのは、例えば、準備の膨張工程d0及び第1の膨張工程fでは、上述した場合と異なって電圧を印加し、逆に、例えば、第1の収縮工程dでは、電圧の印加を解除するという点であり、作用効果は上述した場合と同様である。

#### 【0138】

【発明の効果】以上説明したように本発明においては、圧力発生室を収縮させてノズル開口からインクを吐出させる第1の収縮工程と、吐出されたインクの後端部のノズル開口近傍での速度が略零になるまでに圧力発生室を膨張させる第1の膨張工程とを有することにより、第1の収縮工程での圧力発生室の収縮により吐出されはじめたインク滴が吐出され終わらないうちに、圧力発生室の膨張が開始され、それまでに吐出されかけたインク滴のみが吐出される。したがって、インク滴の飛行速度を低下させることなく、インク滴を構成するインク量を可及的に少なくしてグラフィック印刷に適したドットを形成することができ、また、大きな体積のインク滴も容易に吐出することができるという効果を奏する。

【0139】また、第1の膨張工程の後に、再び圧力発生室を収縮させる第2の収縮工程を具備するようにすれば、インク滴吐出後のメニスカスの振動を抑えて次のインク吐出に備えることができ高速安定印刷を実現することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施形態1に係るインクジェット式記録装置の概略構成を示すブロック図である。

【図2】本発明の実施形態1に係るインクジェット式記

録ヘッドの回路構成を示す回路図である。

【図3】本発明の実施形態1に係るインクジェット式記録ヘッドの断面図である。

【図4】本発明の実施形態1に係る駆動信号の波形の一例を示す図である。

【図5】ノズル開口から吐出されるインク滴の形状を示す図である。

【図6】本発明の実施形態1に係る駆動信号の波形の他の例を示す図である。

【図7】本発明の実施形態2に係る駆動信号の波形の一例を示す図である。

【図8】本発明の実施形態2に係る駆動信号の波形の変形例を示す図である。

【図9】本発明の実施形態3に係る駆動信号の波形の一例を示す図である。

【図10】本発明の実施形態4に係る駆動信号の波形の一例を示す図である。

【図11】本発明の実施形態5に係る駆動信号の波形の一例を示す図である。

【図12】本発明の実施形態6に係る駆動信号の波形の一例を示す図である。

【図13】本発明の実施形態7に係る駆動信号の波形の一例を示す図である。

【図14】本発明の実施形態8に係る駆動信号の波形の一例を示す図である。

【図15】本発明の他の実施形態に係るインクジェット式記録ヘッドの例を示す断面図である。

【図16】本発明の他の実施形態に係るインクジェット式記録ヘッドの例を示す断面図である。

【図17】本発明の他の実施形態に係る駆動信号の波形の一例を示す図である。

【図18】本発明の他の実施形態に係る駆動信号の波形の一例を示す図である。

【図19】本発明の他の実施形態に係る駆動信号の波形の一例を示す図である。

【図20】本発明の他の実施形態に係る駆動信号の波形の一例を示す図である。

【図21】本発明の他の実施形態に係る駆動信号の波形の一例を示す図である。

【図22】本発明の他の実施形態に係る駆動信号の波形の一例を示す図である。

【図23】本発明の他の実施形態に係る駆動信号の波形の一例を示す図である。

【図24】本発明の他の実施形態に係る駆動信号の波形の一例を示す図である。

【図25】本発明の他の実施形態に係る駆動信号の波形の一例を示す図である。

#### 【符号の説明】

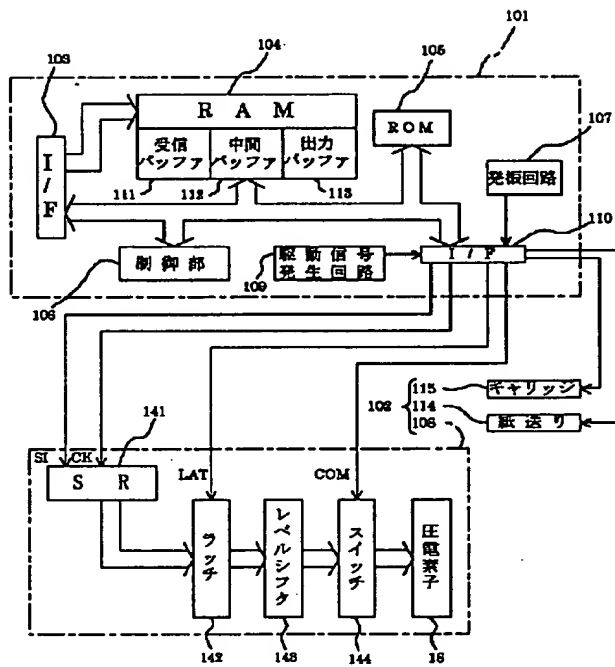
1 スペーサ

2 圧力発生室

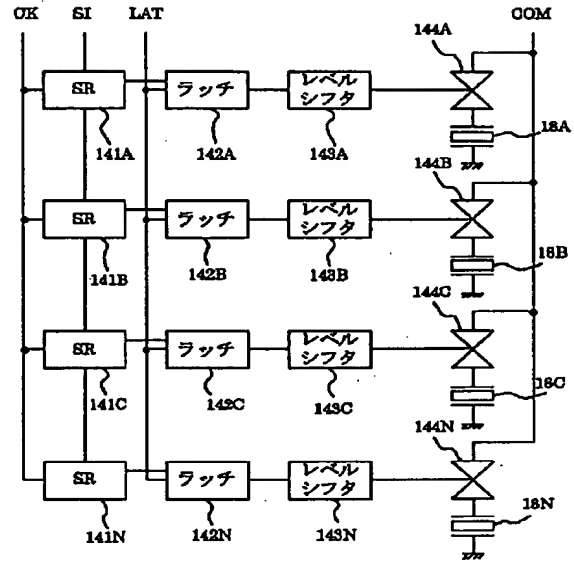
- 3 弾性板  
5 圧電体層  
7 インク供給口形成基板

- 11 リザーバ  
13 ノズル開口

【図 1】

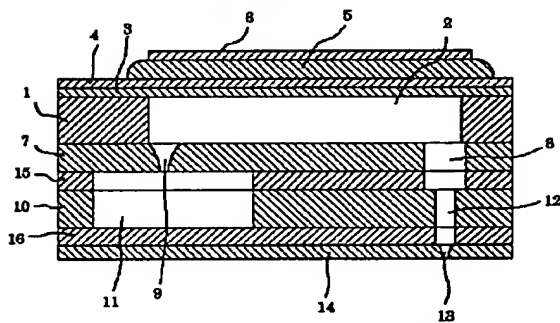


【図 2】

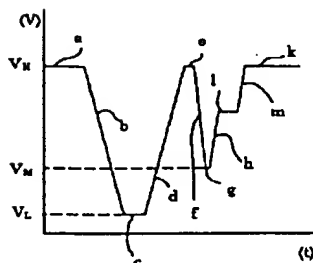


【図 4】

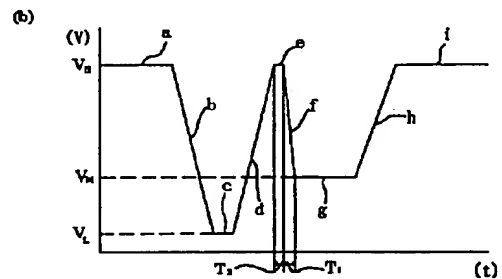
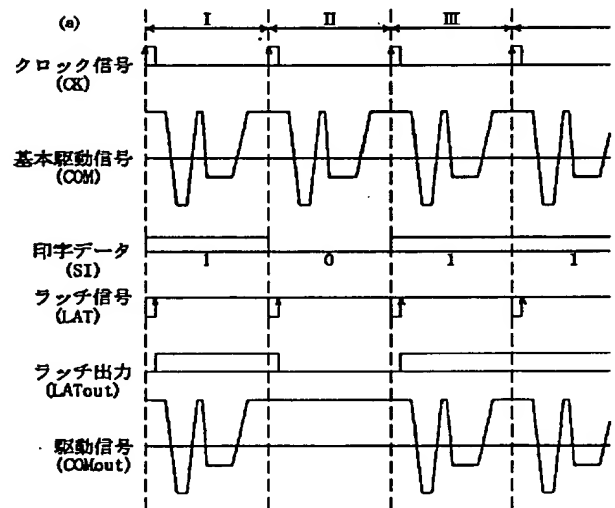
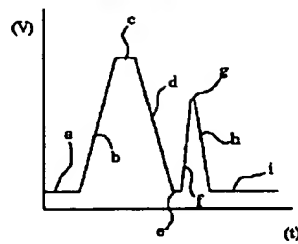
【図 3】



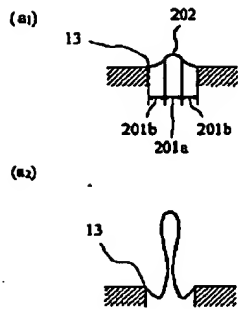
【図 6】



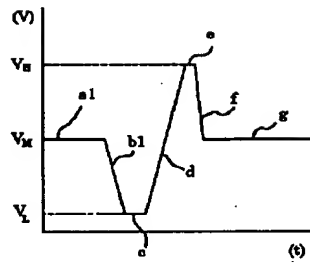
【図 17】



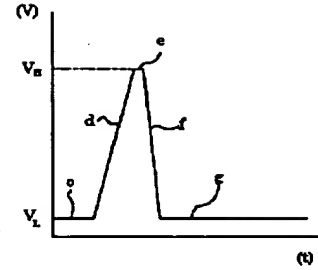
【図 5】



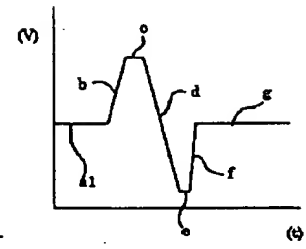
【図 7】



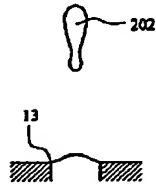
【図 8】



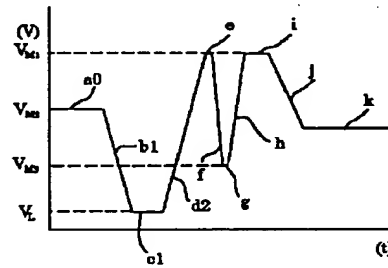
【図 18】



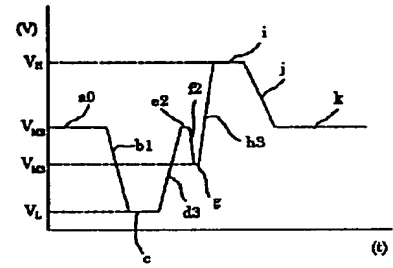
(a3)



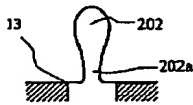
【図 10】



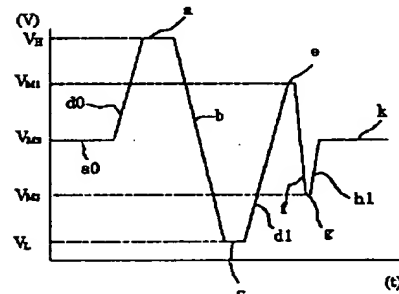
【図 13】



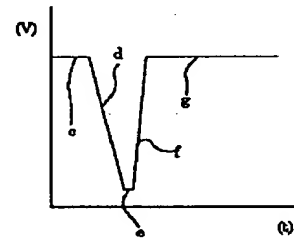
(b)



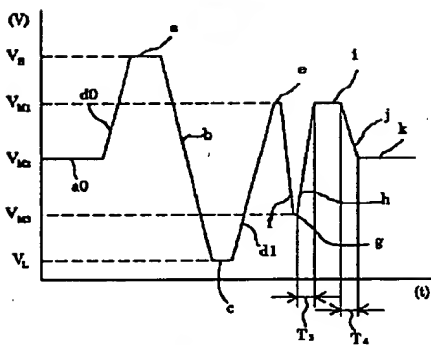
【図 11】



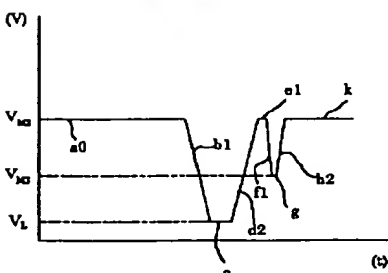
【図 19】



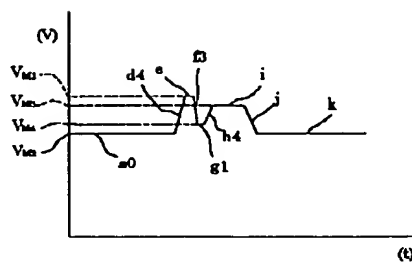
【図 9】



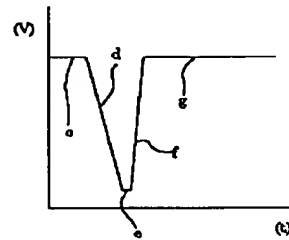
【図 12】



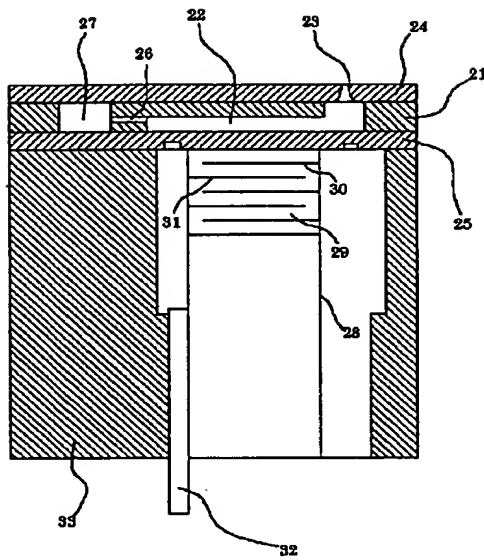
【図 14】



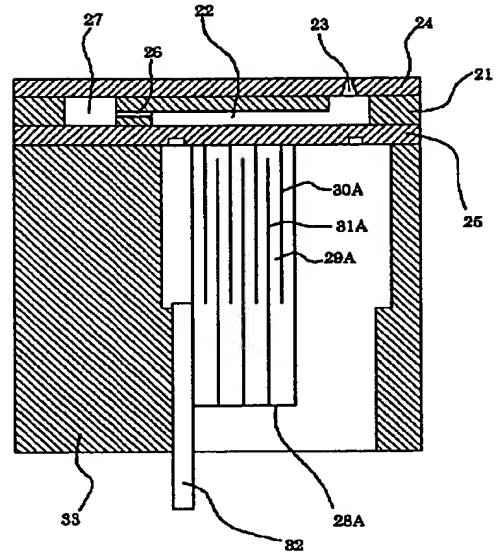
【図 20】



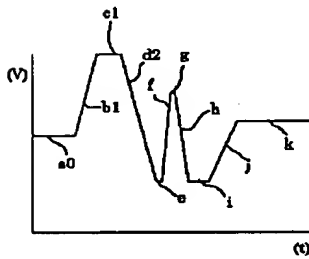
【図15】



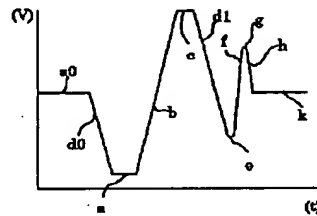
【図16】



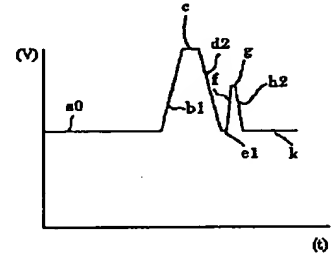
【図21】



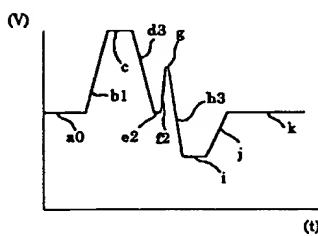
【図22】



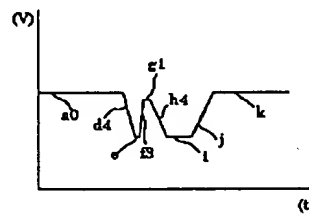
【図23】



【図24】



【図25】



## 【手続補正書】

【提出日】平成11年11月29日（1999. 11. 29）

## 【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】特許請求の範囲

【補正方法】変更

【補正内容】

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 ノズル開口及びリザーバに連通する圧力発生室に付設された圧電素子を駆動することにより前記圧力発生室を膨張又は収縮させて前記ノズル開口からインク滴を吐出させるインクジェット式記録ヘッドの駆動方法において、前記圧力発生室を収縮させて収縮状態として前記ノズル



開口からインクを吐出させる収縮工程と、吐出されたインクの後端部の前記ノズル開口近傍での速度が略零になるまでに前記圧力発生室を膨張させる膨張工程とを具備することを特徴とするインクジェット式記録ヘッドの駆動方法。

【請求項2】 請求項1において、前記収縮工程の後、前記膨張工程での膨張の開始は、前記ノズル開口から吐出するインク滴の先端がメニスカスに形成され始めた時点以降であることを特徴とするインクジェット式記録ヘッドの駆動方法。

【請求項3】 請求項1又は2において、前記膨張工程での膨張期間が、前記圧力発生室のヘルムホルツ振動周期 $T_c$ の $1/4$ 以下であることを特徴とするインクジェット式記録ヘッドの駆動方法。

【請求項4】 ノズル開口及びリザーバに連通する圧力発生室に付設された圧電素子を駆動することにより前記圧力発生室を膨張又は収縮させて前記ノズル開口からインク滴を吐出させるインクジェット式記録ヘッドの駆動方法において、前記圧力発生室を収縮させて収縮状態として前記ノズル開口からインクを吐出させる収縮工程と、吐出されるインク滴の体積を微少化可能なタイミングで、前記圧力発生室のヘルムホルツ振動周期 $T_c$ の $1/4$ 以下の期間で前記圧力発生室を膨張させる膨張工程とを具備することを特徴とするインクジェット式記録ヘッドの駆動方法。

【請求項5】 請求項1～4の何れかにおいて、前記収縮工程の後、前記収縮状態を前記圧力発生室のヘルムホルツ振動周期 $T_c$ の $1/3$ 以下の期間保持する保持工程を具備することを特徴とするインクジェット式記録ヘッドの駆動方法。

【請求項6】 ノズル開口及びリザーバに連通する圧力発生室に付設された圧電素子を駆動することにより前記圧力発生室を膨張又は収縮させて前記ノズル開口からインク滴を吐出させるインクジェット式記録ヘッドの駆動方法において、前記圧力発生室を収縮させて収縮状態として前記ノズル開口からインクを吐出させる収縮工程と、この収縮状態を前記圧力発生室のヘルムホルツ振動周期 $T_c$ の $1/3$ 以下の期間保持する保持工程と、前記 $T_c$ の $1/4$ 以下の期間で前記圧力発生室を膨張させる膨張工程とを具備することを特徴とするインクジェット式記録ヘッドの駆動方法。

【請求項7】 請求項5又は6において、前記保持工程での前記収縮状態の保持期間が3マイクロ秒以下であることを特徴とするインクジェット式記録ヘッドの駆動方法。

【請求項8】 請求項5又は6において、前記保持工程での前記収縮状態の保持期間が1マイクロ秒以下であることを特徴とするインクジェット式記録ヘッドの駆動方法。

【請求項9】 請求項1～8の何れかにおいて、前記収縮工程の前に、前記圧力発生室を膨張させてインク吐出の準備を行う準備工程を具備することを特徴とするインクジェット式記録ヘッドの駆動方法。

【請求項10】 請求項1～9の何れかにおいて、前記収縮工程の収縮速度より、前記膨張工程の膨張速度の方が大きいことを特徴とするインクジェット式記録ヘッドの駆動方法。

【請求項11】 請求項1～10の何れかにおいて、前記収縮工程の収縮の変化量より、前記膨張工程の膨張の変化量の方が小さいことを特徴とするインクジェット式記録ヘッドの駆動方法。

【請求項12】 ノズル開口及びリザーバに連通する圧力発生室に付設された圧電素子を駆動することにより前記圧力発生室を膨張又は収縮させて前記ノズル開口からインク滴を吐出させるインクジェット式記録ヘッドの駆動方法において、前記圧力発生室を収縮させて収縮状態として前記ノズル開口からインクを吐出させる第1の収縮工程と、吐出されたインクの後端部の前記ノズル開口近傍での速度が略零になるまでに前記圧力発生室を膨張させる第1の膨張工程と、この後のメニスカスの後退を低減するように前記圧力発生室を収縮させる第2の収縮工程とを具備するインクジェット式記録ヘッドの駆動方法。

【請求項13】 請求項12において、前記第1の収縮工程の後、前記第1の膨張工程での膨張の開始は、前記ノズル開口から吐出するインク滴の先端がメニスカスに形成され始めた時点以降であることを特徴とするインクジェット式記録ヘッドの駆動方法。

【請求項14】 請求項12又は13において、前記第1の膨張工程での膨張期間が、前記圧力発生室のヘルムホルツ振動周期 $T_c$ の $1/4$ 以下であることを特徴とするインクジェット式記録ヘッドの駆動方法。

【請求項15】 ノズル開口及びリザーバに連通する圧力発生室に付設された圧電素子を駆動することにより前記圧力発生室を膨張又は収縮させて前記ノズル開口からインク滴を吐出させるインクジェット式記録ヘッドの駆動方法において、前記圧力発生室を収縮させて収縮状態として前記ノズル開口からインクを吐出させる第1の収縮工程と、吐出されるインク滴の体積を微少化可能なタイミングで、前記圧力発生室のヘルムホルツ振動周期 $T_c$ の $1/4$ 以下の期間で前記圧力発生室を膨張させる第1の膨張工程と、この後のメニスカスの後退を低減するように前記圧力発生室を収縮させる第2の収縮工程とを具備することを特徴とするインクジェット式記録ヘッドの駆動方法。

【請求項16】 請求項12～15の何れかにおいて、前記第1の収縮工程の後、前記収縮状態を前記圧力発生室のヘルムホルツ振動周期 $T_c$ の $1/3$ 以下の期間保持する保持工程を具備することを特徴とするインクジェ

ト式記録ヘッドの駆動方法。

【請求項17】 ノズル開口及びリザーバに連通する圧力発生室に付設された圧電素子を駆動することにより前記圧力発生室を膨張又は収縮させて前記ノズル開口からインク滴を吐出させるインクジェット式記録ヘッドの駆動方法において、前記圧力発生室を収縮させて収縮状態として前記ノズル開口からインクを吐出させる第1の収縮工程と、この収縮状態を前記圧力発生室のヘルムホルツ振動周期 $T_c$ の $1/3$ 以下の期間保持する保持工程と、前記 $T_c$ の $1/4$ 以下の期間で前記圧力発生室を膨張させる第1の膨張工程と、この後のメニスカスの後退を低減するように前記圧力発生室を収縮させる第2の収縮工程を具備することを特徴とするインクジェット式記録ヘッドの駆動方法。

【請求項18】 請求項12～17の何れかにおいて、前記第2の収縮工程後、さらに、インク吐出後の振動を抑えるように前記圧力発生室を膨張させる第2の膨張工程を具備することを特徴とするインクジェット式記録ヘッドの駆動方法。

【請求項19】 請求項12～18の何れかにおいて、前記第1の収縮工程の前に、前記圧力発生室を膨張させてインク吐出の準備を行う準備工程を具備することを特徴とするインクジェット式記録ヘッドの駆動方法。

【請求項20】 請求項12～19の何れかにおいて、前記第2の収縮工程の開始時点は、前記ノズル開口からインク滴がもりあげられた後、メニスカスが後退し始める時点から最も深く後退する時点までの間であることを特徴とするインクジェット式記録ヘッドの駆動方法。

【請求項21】 請求項12～20の何れかにおいて、前記第1の収縮工程が開始されてから前記第2の収縮工程が開始されるまでの期間が、前記圧力発生室のヘルムホルツ振動周期 $T_c$ 以下であることを特徴とするインクジェット式記録ヘッドの駆動方法。

【請求項22】 請求項12～21の何れかにおいて、前記第1の収縮工程が開始されてから前記第2の収縮工程が開始されるまでの期間が、前記圧力発生室のヘルムホルツ振動周期 $T_c$ の $1/4$ から $3/4$ の間であることを特徴とするインクジェット式記録ヘッドの駆動方法。

【請求項23】 請求項12～22の何れかにおいて、前記第1の収縮工程での収縮期間及び前記第2の収縮工程での収縮期間が、それぞれ前記圧力発生室のヘルムホルツ振動周期 $T_c$ の $1/2$ 以下であることを特徴とするインクジェット式記録ヘッドの駆動方法。

【請求項24】 請求項12～23の何れかにおいて、前記第2の収縮工程での収縮期間が、前記圧力発生室のヘルムホルツ振動周期 $T_c$ の $1/3$ 以下であることを特徴とするインクジェット式記録ヘッドの駆動方法。

【請求項25】 請求項13～24の何れかにおいて、前記第1の収縮工程が開始されてから前記第2の膨張工

程が開始されるまでの期間が、前記圧力発生室のヘルムホルツ振動周期 $T_c$ 以下であることを特徴とするインクジェット式記録ヘッドの駆動方法。

【請求項26】 請求項13～25の何れかにおいて、前記第2の膨張工程での膨張期間が、前記圧力発生室のヘルムホルツ振動周期の $1/2$ 以下であることを特徴とするインクジェット式記録ヘッドの駆動方法。

【請求項27】 請求項13～26の何れかにおいて、前記第1の収縮工程での駆動信号の印加の開始から前記第2の膨張工程での駆動信号の印加の終了までの期間が、前記圧力発生室のヘルムホルツ振動周期 $T_c$ 以下であることを特徴とするインクジェット式記録ヘッドの駆動方法。

【請求項28】 ノズル開口及びリザーバに連通する圧力発生室に付設された圧電素子を駆動することにより前記圧力発生室を膨張又は収縮させて前記ノズル開口からインク滴を吐出させるインクジェット式記録ヘッドの駆動方法において、前記圧力発生室を収縮させて前記ノズル開口のメニスカスの中央領域をもりあげる収縮工程と、前記圧力発生室を膨張させて前記収縮工程によって中央領域がもりあげられたメニスカスの外縁部を引き込ませる膨張工程とを具備することを特徴とするインクジェット式記録ヘッドの駆動方法。

【請求項29】 ノズル開口及びリザーバに連通する圧力発生室に付設された圧電素子を駆動することにより前記圧力発生室を膨張又は収縮させて前記ノズル開口からインク滴を吐出させるインクジェット式記録ヘッドの駆動方法において、前記圧力発生室を収縮させて前記ノズル開口のメニスカスの中央領域をもりあげる収縮工程と、前記収縮工程によってメニスカスの中央領域がもりあげられている間に開始され、前記圧力発生室のヘルムホルツ振動周期 $T_c$ の $1/4$ 以下の周期で前記圧力発生室を膨張させる膨張工程とを具備することを特徴とするインクジェット式記録ヘッドの駆動方法。

【請求項30】 ノズル開口及びリザーバに連通する圧力発生室に付設された圧電素子を駆動することにより前記圧力発生室を膨張又は収縮させて前記ノズル開口からインク滴を吐出させるインクジェット式記録ヘッドの駆動方法において、

前記圧力発生室を収縮させて前記ノズル開口のメニスカスの中央領域をもりあげる第1の収縮工程と、前記圧力発生室を膨張させて前記第1の収縮工程によって中央領域がもりあげられたメニスカスの外縁部を引き込ませる膨張工程と、前記圧力発生室を再び収縮させて前記第1の膨張工程によるメニスカスの外縁部の後退の程度を低減させる第2の収縮工程とを具備することを特徴とするインクジェット式記録ヘッドの駆動方法。

【請求項31】 ノズル開口及びリザーバに連通する圧

力発生室に付設された圧電素子を駆動することにより前記圧力発生室を膨張又は収縮させて前記ノズル開口からインク滴を吐出させるインクジェット式記録ヘッドの駆動方法において、

前記圧力発生室を収縮させて前記ノズル開口のメニスカスの中央領域をもりあげる第1の収縮工程と、前記第1の収縮工程によってメニスカスの中央領域がもりあげられている間に開始され、前記圧力発生室のヘルムホルツ振動周期 $T_c$ の $1/4$ 以下の期間で前記圧力発生室を膨張させる膨張工程と、前記圧力発生室を再び収縮させて前記第1の膨張工程によるメニスカスの外縁部の後退の程度を低減させる第2の収縮工程とを具備することを特徴とするインクジェット式記録ヘッドの駆動方法。

【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0049

【補正方法】変更

【補正内容】

【0049】本発明の第20の態様は、第12～19の何れかの態様において、前記第2の収縮工程の開始時点は、前記ノズル開口からインク滴がもりあげられた後、メニスカスが後退し始める時点から最も深く後退する時点までの間であることを特徴とするインクジェット式記録ヘッドの駆動方法にある。

【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0064

【補正方法】変更

【補正内容】

【0064】かかる第27の態様では、小さな体積のインク滴を効果的に吐出することができる。本発明の第28の態様は、ノズル開口及びリザーバに連通する圧力発生室に付設された圧電素子を駆動することにより前記圧力発生室を膨張又は収縮させて前記ノズル開口からインク滴を吐出させるインクジェット式記録ヘッドの駆動方法において、前記圧力発生室を収縮させて前記ノズル開口のメニスカスの中央領域をもりあげる収縮工程と、前記圧力発生室を膨張させて前記収縮工程によって中央領域がもりあげられたメニスカスの外縁部を引き込ませる膨張工程とを具備することを特徴とするインクジェット式記録ヘッドの駆動方法にある。かかる第28の態様では、膨張工程を開始するタイミングによってインク滴の体積を制御できる。本発明の第29の態様は、ノズル開口及びリザーバに連通する圧力発生室に付設された圧電素子を駆動することにより前記圧力発生室を膨張又は収縮させて前記ノズル開口からインク滴を吐出させるインクジェット式記録ヘッドの駆動方法において、前記圧力発生室を収縮させて前記ノズル開口のメニスカスの中央領域をもりあげる収縮工程と、前記収縮工程によってメニスカスの中央領域がもりあげられている間に開始さ

れ、前記圧力発生室のヘルムホルツ振動周期 $T_c$ の $1/4$ 以下の周期で前記圧力発生室を膨張させる膨張工程とを具備することを特徴とするインクジェット式記録ヘッドの駆動方法にある。かかる第29の態様では、安定したインク吐出を実現できる。本発明の第30の態様は、ノズル開口及びリザーバに連通する圧力発生室に付設された圧電素子を駆動することにより前記圧力発生室を膨張又は収縮させて前記ノズル開口からインク滴を吐出させるインクジェット式記録ヘッドの駆動方法において、前記圧力発生室を収縮させて前記ノズル開口のメニスカスの中央領域をもりあげる第1の収縮工程と、前記圧力発生室を膨張させて前記第1の収縮工程によって中央領域がもりあげられたメニスカスの外縁部を引き込ませる膨張工程と、前記圧力発生室を再び収縮させて前記第1の膨張工程によるメニスカスの外縁部の後退の程度を低減させる第2の収縮工程とを具備することを特徴とするインクジェット式記録ヘッドの駆動方法にある。かかる第30の態様では、インク滴の体積を制御して小さい体積のインク滴を吐出することができる。本発明の第31の態様は、ノズル開口及びリザーバに連通する圧力発生室に付設された圧電素子を駆動することにより前記圧力発生室を膨張又は収縮させて前記ノズル開口からインク滴を吐出させるインクジェット式記録ヘッドの駆動方法において、前記圧力発生室を収縮させて前記ノズル開口のメニスカスの中央領域をもりあげる第1の収縮工程と、前記第1の収縮工程によってメニスカスの中央領域がもりあげられている間に開始され、前記圧力発生室のヘルムホルツ振動周期 $T_c$ の $1/4$ 以下の期間で前記圧力発生室を膨張させる膨張工程と、前記圧力発生室を再び収縮させて前記第1の膨張工程によるメニスカスの外縁部の後退の程度を低減させる第2の収縮工程とを具備することを特徴とするインクジェット式記録ヘッドの駆動方法にある。かかる第31の態様では、小さな体積のインク滴を安定して吐出することができる。

【手続補正4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0069

【補正方法】変更

【補正内容】

【0069】RAM104は、受信バッファ111、中間バッファ112、出力バッファ113及び図示しないワークメモリとして機能する。そして、受信バッファ111は外部I/F103によって受信された印刷データを一時的に記憶し、中間バッファ112は制御部106が変換した中間コードデータを記憶し、出力バッファ113はドットパターンデータを記憶する。なお、このドットパターンデータは、階調データをデコード（翻訳）することにより得られる印字データによって構成してある。なお、後述するように、本実施形態における印字データは4ビットの信号により構成してある。

## 【手続補正5】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0093

【補正方法】変更

【補正内容】

【0093】そして、この収縮工程 d の直後に第 3 のホールド工程 e を略等として、第 1 の膨張工程 f を有する。この第 1 の膨張工程 f は、第 1 の収縮工程 d でメニスカスの中央領域がもりあがっている間、特にインク滴先端の形状が形成され始める時点で行われる。これにより、メニスカスの外縁部 201b は、第 1 の膨張工程 f によって引き込まれ、中心部 201a だけが第 1 の膨張工程 f によって引き込まれることなくインク滴として吐出することになり、結果的に、径がノズル径よりも小さいインク滴を、時間の経過に伴って図 5 (a1) ~ (a3) に示すように、吐出させることができる。

## 【手続補正6】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0099

【補正方法】変更

【補正内容】

【0099】また、第 1 の膨張工程 f の後は、第 4 のホールド工程 g と、第 1 の収縮工程 d より小さい変化量、すなわち、中間電圧  $V_M$  から最高電圧  $V_H$  まで変化させる第 2 の収縮工程 h とを有する。これにより、インク滴吐

出後のメニスカスの大きな振動の減衰を調整している

(メニスカスの外縁部の後退を抑えている)。なお、このようにメニスカスの振動を抑える収縮工程は、図 6 に示すように、二段階の収縮、すなわち、第 4 のホールド工程 g の後、ホールド工程 l を介して第 2 の収縮工程 h 及び第 3 の収縮工程 m を実行するようにしてもよい。勿論、このような振動を抑える工程は必ずしも設ける必要はない。

## 【手続補正7】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0133

【補正方法】変更

【補正内容】

【0133】このように構成されたインクジェット式記録ヘッドは、圧電素子 28 の電極形成材料 30 及び 31 に電圧が印加されると、圧電素子 28 がノズルプレート 24 側に伸張するから、弾性板 25 が変位し、圧力発生室 22 の容積が圧縮される。従って、例えば、予め電圧を除去した状態から電圧を 30V 程度印加し、その電圧を下げることによって圧電素子 28 を収縮させてインクをリザーバ 27 からインク供給口 26 を介して圧力発生室 22 に流れ込ませることができる。また、その後、電圧を印加することにより、圧電素子 28 を伸張させて弾性板 25 により圧力発生室 22 を収縮させ、ノズル開口 23 からインク滴を吐出させることができる。